

Attenzione: Tutti i risultati delle misure e dei valori calcolati devono essere riportati nelle unità del SI con l'appropriato numero di cifre significative. Le incertezze sperimentali vanno determinate solo quando viene esplicitamente richiesto.

1.0 Introduzione

Esperimenti con un misuratore laser di distanza (LDM)

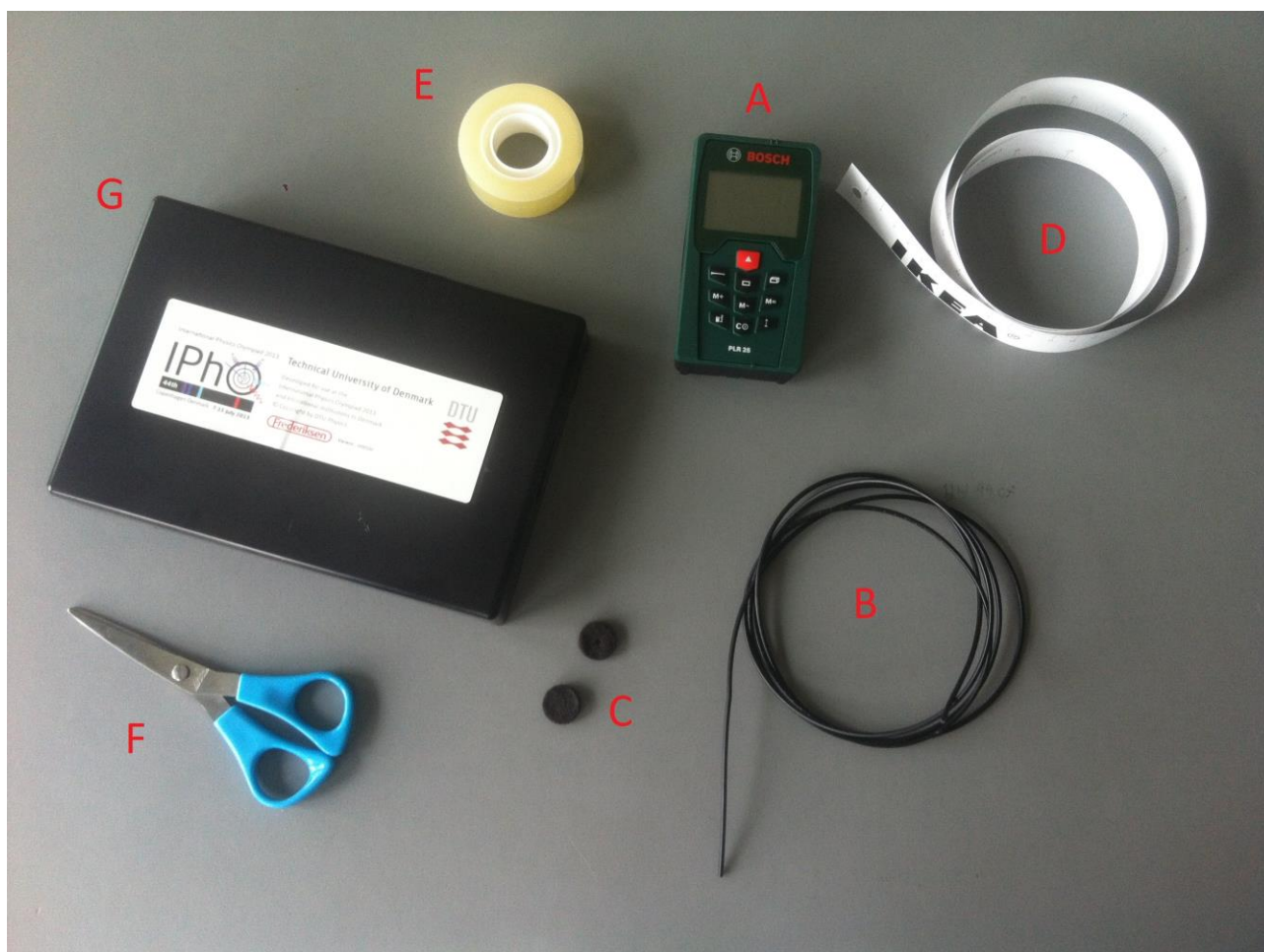


Figura 1.1 Alcuni materiali per l'esperimento

- A:** misuratore laser di distanza
- B:** cavo in fibra ottica (circa 1 m)
- C:** feltrini neri autoadesivi con un foro
- D:** metro di carta
- E:** nastro adesivo
- F:** forbici
- G:** coperchio della scatola nera

Un misuratore laser di distanza (LDM, vedi Fig. 1.2 e Fig. 1.3) consiste di un emettitore e un ricevitore. L'emettitore è un diodo laser che emette un fascio laser modulato, cioè un fascio laser la

cui ampiezza varia con una frequenza molto alta. Quando il raggio laser urta un oggetto, la luce è riflessa in tutte le direzioni dalla macchia del laser. Una parte della luce ritorna al ricevitore dello strumento che è posizionato immediatamente accanto all'emettitore. L'ottica dello strumento è focalizzata sulla macchia del laser e riceve la luce di ritorno da essa emessa. L'elettronica dello strumento misura la differenza temporale nella modulazione del segnale luminoso ricevuto rispetto a quello emesso. Il ritardo t della modulazione è esattamente il tempo che impiega la luce per andare dall'emettitore al ricevitore. Il tempo misurato è quindi convertito in distanza y attraverso la formula

$$y = \frac{1}{2}ct + k$$

Questo valore di y è mostrato sullo schermo dello strumento. Qui $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ è la velocità della luce. La costante k dipende dalla configurazione dello strumento; sullo strumento è possibile scegliere se misurare la distanza dal retro o dalla fronte dello strumento. Quando il misuratore laser di distanza viene acceso, esso è predisposto per misurare la distanza dal retro.

Questa configurazione deve essere mantenuta durante tutte le misure.

A causa dell'errore di parallasse il LDM non può misurare una distanza minore di 5 cm. La distanza massima che può essere misurata è circa 25 m. La forma dello strumento è tale che sia la parte posteriore sia quella frontale sono perpendicolari al fascio laser. Quando lo strumento è appoggiato sul tavolo, la polarizzazione è verticale (perpendicolare allo schermo).

Il laser a diodo è di classe 2 con una potenza inferiore a 1 mW e lunghezza d'onda 635 nm. L'incertezza sulla misura, indicata dal produttore, è ± 2 mm.

Attenzione: Il laser a diodo dello strumento può danneggiare la vista. Non guardare nel fascio laser e non proiettarlo negli occhi delle altre persone!

Configurazione del LDM

La formula precedente per la distanza y presuppone che la luce si propaghi con velocità c . Per il livello di accuratezza dell'esperimento non è necessario distinguere tra la velocità della luce nel vuoto e in aria, poiché l'indice di rifrazione per aria secca a pressione atmosferica e temperatura ambiente vale $1.00029 \approx 1.000$.

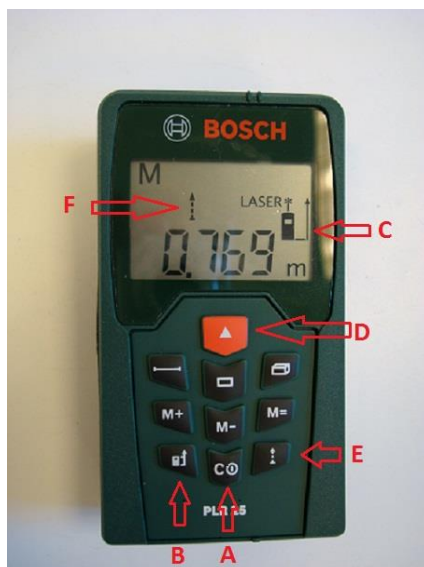


Figura 1.2 I sei pulsanti non etichettati non sono rilevanti per la misura (sono usati per calcolare aree e volumi). I pulsanti importanti sono:

- A:** on/off
- B:** interruttore per alternare la misurazione dal retro o dal davanti dello strumento
- C:** indicatore della misura fronte/retro
- D:** accensione del laser / inizio della misura
- E:** misura continua
- F:** indicatore di misura continua



Figura 1.3 Il misuratore di distanza laser visto da davanti

- A:** ricevitore: ottica focalizzata sulla macchia del laser
- B:** emettitore: non guardare nel fascio laser!

1.1 Misura con un misuratore laser di distanza

Lo strumento effettuerà una misura premendo il pulsante **D**, vedi Fig. 1.2.

1.1a	Usa il LDM per misurare la distanza H dalla cima del tavolo al pavimento. Indica l'incertezza sperimentale ΔH . Mostra con un disegno come effettui la misura.	0.4
------	--	-----

1.2 Esperimento con un cavo a fibra ottica



Figura 1.4 Rappresentazione schematica di un cavo a fibra ottica.

Ti è stato dato un cavo a fibra ottica di lunghezza approssimativa di 1 m e diametro approssimativo di 2 mm. Il cavo consiste di due materiali ottici. Quello al centro (di diametro approssimativo di 1 mm) è costituito da un materiale plastico con alto indice di rifrazione. Esso è circondato da un materiale di rivestimento costituito da un diverso materiale plastico con un indice di rifrazione leggermente minore, il quale è rivestito da uno strato protettivo di plastica nera. Il materiale centrale e quello di rivestimento fungono da guida d'onda per la luce immessa nel cavo. Infatti l'interfaccia tra i due provoca una riflessione totale che impedisce alla luce di lasciare il materiale centrale. Ciò accade finché l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite per la riflessione totale. La luce pertanto rimarrà dentro al materiale centrale della fibra, anche nel caso in cui la fibra sia curvata, purché non lo non sia eccessivamente.

Il LDM deve ora essere configurato per una misurazione continua (pulsante **E**, vedi Fig. 1.2), cosicché l'indicazione sul display di y si aggiorna approssimativamente una volta al secondo. Il LDM si spegnerà automaticamente dopo alcuni minuti. Può essere riattivato premendo il pulsante rosso di avvio.

Con attenzione e delicatezza copri l'ottica del ricevitore del LDM con un feltrino nero (l'altro è di riserva) in cui è stato praticato un foro di diametro 2 mm (vedi **A** Fig. 1.3). Il lato adesivo del feltrino deve essere premuto con delicatezza contro la lente. Inserisci un cavo a fibra ottica di lunghezza x nel foro del feltrino così da fargli toccare l'ottica del rivelatore, vedi Fig. 1.5.



Figura 1.5 (a) Feltrino e cavo in fibra ottica. (b) Come montare il cavo in fibra ottica.

L'altro estremo del cavo deve essere tenuto contro l'emettitore, in modo tale che quest'ultimo tocchi la fibra nel mezzo del fascio laser. Ora leggi il valore di y dallo strumento. Le forbici messe a disposizione devono essere utilizzate per tagliare il cavo in fibra ottica a lunghezze differenti x .

Attenzione: pensa e pianifica molto attentamente il taglio del cavo in fibra ottica, poiché non te ne verrà consegnato dell'altro!!

Nota anche che il display del LDM potrebbe mostrare l'icona di un termometro dopo un po' di tempo di funzionamento in modalità continua a causa del surriscaldamento dell'elettronica. In questo caso spegni il LDM per un certo tempo per raffreddare lo strumento.

1.2a	Misura i valori corrispondenti di x e y . Riporta i tuoi valori in una tabella. Traccia un grafico di y in funzione di x .	1.8
1.2b	Usa il grafico per trovare l'indice di rifrazione n_{co} del materiale centrale della fibra ottica. Calcola la velocità della luce v_{co} nel materiale centrale della cavo a fibra ottica.	1.2

1.3 Misuratore laser di distanza posto ad un certo angolo dalla verticale

In questa parte dell'esperimento è a tua disposizione la strumentazione mostrata in Fig. 1.6.

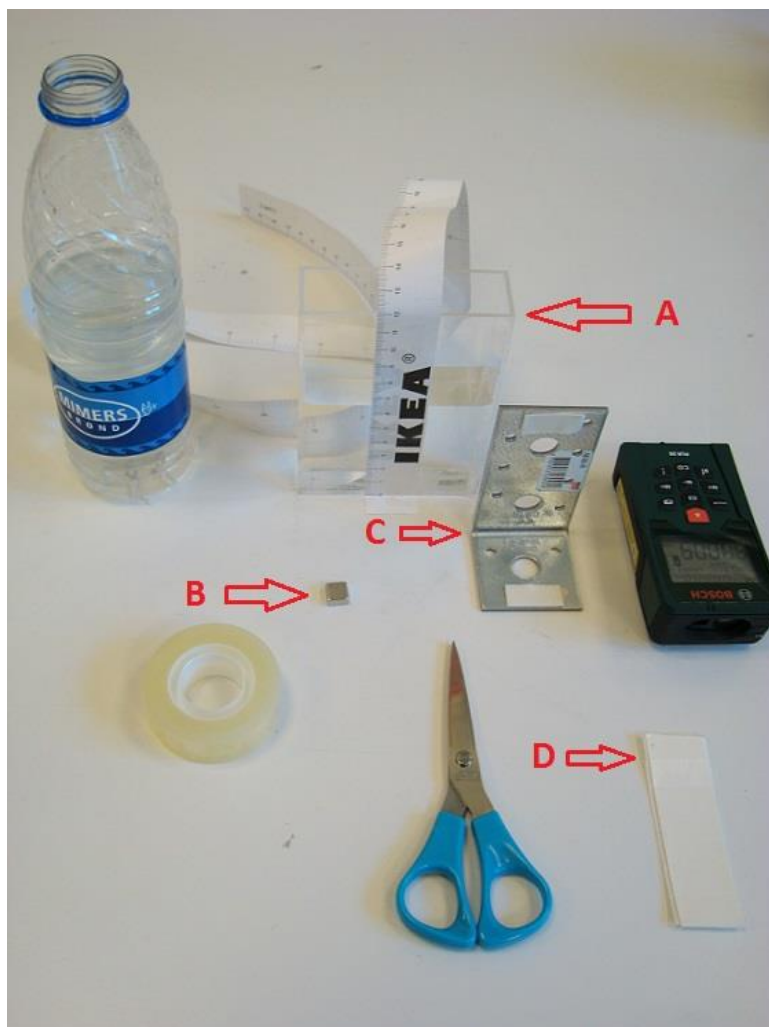


Figura 1.6 Strumentazione mostrata nella figura:

A: recipiente per esperimenti di ottica con acqua e metro di carta

B: magnete per fissare il profilo di ferro angolato in cima alla scatola nera. (Il magnete si trova attaccato al profilo di ferro angolato.)

C: profilo di ferro angolato con fascetta autoadesiva

D: fascetta autoadesiva

Rimuovi il tampone di feltro nero dalla lente. Il LDM va montato nel modo seguente: fissa due fascette autoadesive sul profilo di ferro angolato come si vede nella figura 1.7, nel punto **A**.

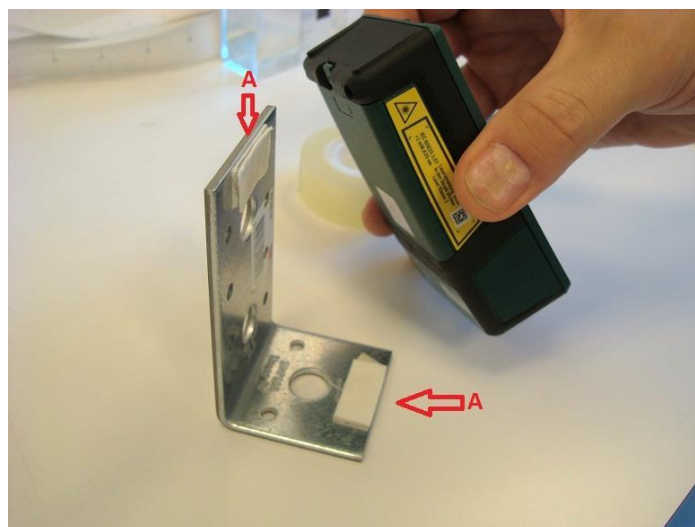


Figura 1.7 Dove si devono fissare le fascette autoadesive sul profilo di ferro angolato.

Il LDM va posizionato con attenzione sul profilo di ferro angolato come si vede in Fig. 1.8.

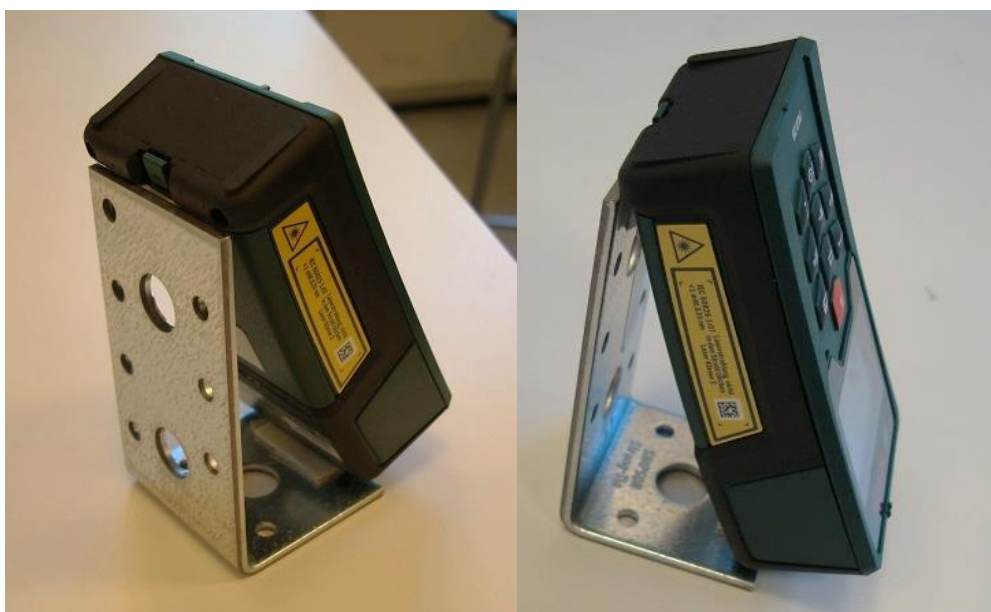


Figura 1.8 Come si deve sistemare il misuratore laser di distanze sul profilo di ferro angolato.

Si deve montare il profilo di ferro angolato sulla scatola nera come si vede nella Fig. 1.9. Fissa saldamente il profilo di ferro angolato con un magnete collocandolo al di sotto del profilo di ferro stesso, dentro la scatola girata di lato (il piccolo magnete lo trovi sul profilo di ferro). Sta' attento che è fondamentale montare il LDM esattamente come nella foto, perché il lato della scatola, che hai girato verso l'alto e che usi come base di appoggio per il profilo angolato, pende di circa 4 gradi verso il basso. Il fascio laser, adesso, dovrebbe puntare verso il basso senza ostacoli e ostruzioni con un certo angolo d'inclinazione.

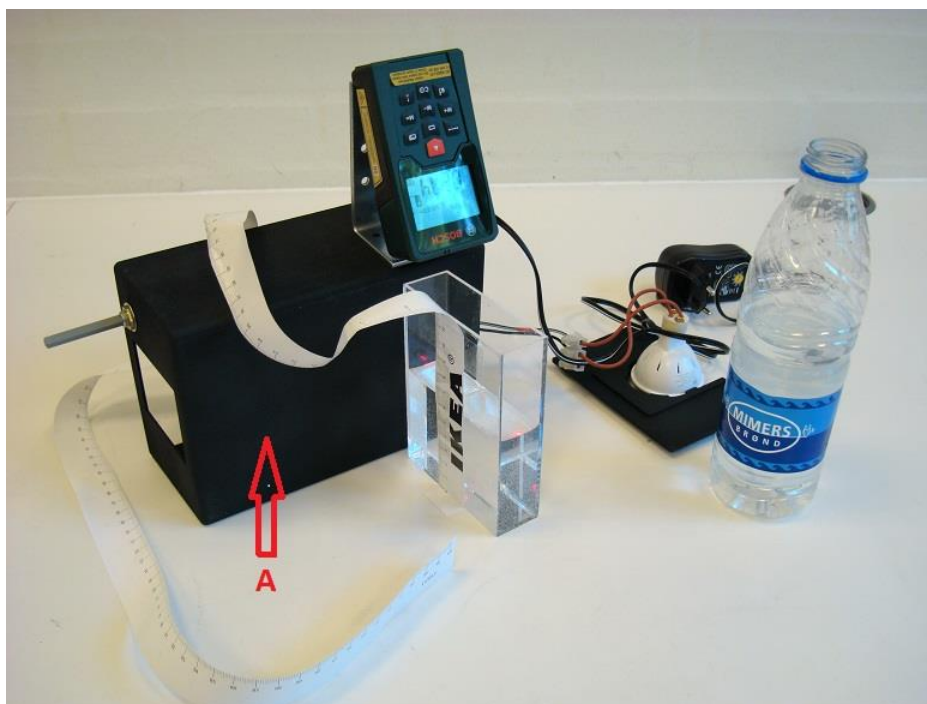


Figura 1.9 L'apparato sperimentale montato. (La scatola nera serve solamente come sostegno. Gli oggetti dietro alla bottiglia non sono da utilizzare.)

A: importante: il fondo della scatola nera deve essere rivolto in avanti, come si vede nella figura. Allora il lato della scatola che sta rivolto verso l'alto è inclinato verso il basso di circa 4 gradi rispetto al piano orizzontale. Quando monti il misuratore laser di distanza, fai in modo di posizionare il misuratore ogni volta con lo stesso angolo θ_1 .

Quando il LDM, montato come descritto sopra, viene acceso, il fascio laser forma un angolo θ_1 con la direzione verticale: si deve determinare l'ampiezza di questo angolo, che deve rimanere sempre lo stesso durante l'esperimento. Il recipiente ottico non ti serve adesso e quindi mettilo via.

1.3a	Misura la distanza y_1 dell'immagine del laser (la macchia del laser) nel punto in cui colpisce la superficie del tavolo. Muovi, poi, orizzontalmente la scatola con il LDM finché la macchia del laser colpisce il pavimento. Misura la distanza y_2 dell'immagine del laser nel punto in cui colpisce il pavimento. Indica le incertezze di misura.	0.2
1.3b	Calcola l'angolo θ_1 adoperando solo le misurazioni di y_1, y_2 e H (dal problema 1.1a). Determina l'incertezza di misura $\Delta\theta_1$.	0.4

1.4 Esperimento con il recipiente ottico

Posiziona il recipiente ottico in modo che fascio laser punti al fondo del recipiente, approssimativamente nel centro, come si vede nella Fig. 1.10. Versa dell'acqua nel recipiente. Sia x la profondità dell'acqua. Effettua la lettura di y sul display del LDM.

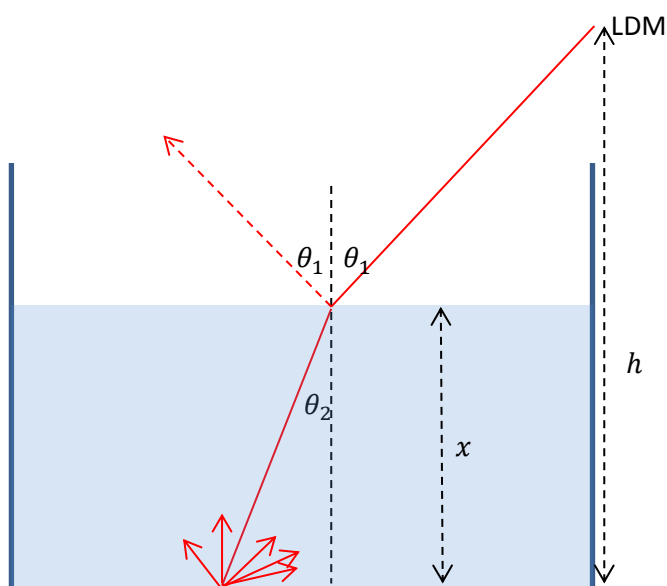


Figura1.10 Schema che descrive il fascio laser nel recipiente ottico contenente acqua di profondità x .

1.4a	Misura coppie di valori corrispondenti di x e di y . Tabula i valori delle misure che hai ottenuto. Traccia un grafico di y in funzione di x .	1.6
1.4b	Usa delle equazioni opportune per spiegare teoricamente che forma ci si aspetta per il grafico.	1.2
1.4c	Usa il grafico per trovare l'indice di rifrazione dell'acqua n_w .	1.2